

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

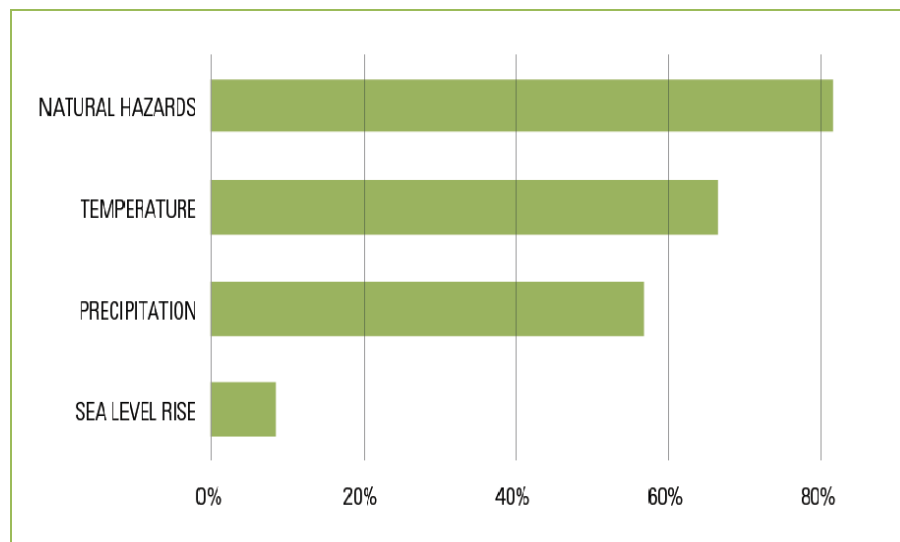
Modernisasi dan globalisasi membawa dampak yang sangat besar terhadap terhadap perekonomian negara-negara di dunia termasuk negara Indonesia. Salah satu dampak modernisasi dan globalisasi di Indonesia yaitu masifnya pembangunan di berbagai bidang dan munculnya pusat-pusat perekonomian di daerah perkotaan. Kota yang mengalami perkembangan akan masif terjadi alih fungsi lahan dari lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Pembangunan infrastruktur yang cukup masif pada perkembangan suatu kota sering tidak memperhatikan keseimbangan ekosistem dan dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Alih fungsi lahan non terbangun menjadi lahan terbangun yang tidak terkontrol dalam perkembangan suatu kota dapat mengubah kondisi iklim mikro kota tersebut yang dalam hal ini adalah suhu permukaan. Selain itu tingginya mobilitas dan aktivitas masyarakat di perkotaan yang menggunakan kendaraan bermotor menimbulkan polusi udara, sehingga akan menyebabkan tingginya suhu permukaan di daerah perkotaan jika dibandingkan dengan daerah perdesaan. Fenomena perbedaan suhu permukaan yang tinggi antara perkotaan dengan perdesaan tersebut di sebut dengan istilah *Urban Heat Island* (UHI).

Pemanasan yang diakibatkan oleh UHI di wilayah-wilayah kecil seperti kota merupakan contoh perubahan iklim lokal. Perubahan iklim lokal yang diakibatkan oleh UHI secara fundamental berbeda dengan perubahan iklim global karena pengaruhnya terbatas pada skala lokal dan menurun dengan jarak dari sumbernya. Perubahan iklim global, seperti yang disebabkan oleh meningkatnya intensitas sinar matahari atau konsentrasi gas rumah kaca, tidak terkontrol secara lokal atau regional.

Menurut EPA (*Enviromental Protection Agency*) pada tahun 2005, fenomena UHI ini adalah permasalahan utama dalam setiap kota berkembang di dunia

terhadap pemanasan global. Pemanasan yang diakibatkan oleh UHI di wilayah-wilayah kecil seperti kota merupakan contoh perubahan iklim lokal (US EPA, 2008). Terjadinya fenomena UHI diperkotaan secara tidak langsung mempercepat terjadinya dampak buruk dari pemanasan global, karena menurut beberapa penelitian UHI merupakan salah satu penyebab terjadinya pemanasan global. Menurut (Carmin & et al, 2012) salah satu faktor penyebab perubahan iklim dan pemanasan global yaitu *temperature* pada fenomena UHI yang memberikan kontribusi sebesar 60 % lebih (lihat Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Beberapa Faktor Penyebab Perubahan Iklim Global di Perkotaan

Sumber: (Carmin & et al, 2012)

Fenomena UHI menciptakan lingkungan yang tidak nyaman bagi masyarakat, mempengaruhi kualitas udara, kesehatan manusia dan mempengaruhi penggunaan energi, sehingga harus menjadi perhatian bagi perencana kota untuk memahami pola pengembangan lahan dan wilayah agar efek dari UHI dapat dikurangi. Salah satu cara untuk mengurangi efek UHI yaitu dengan memperbanyak area ruang terbuka hijau di perkotaan dan memprioritaskan pengembangan kawasan terbuka hijau pada daerah yang memiliki UHI dan Suhu permukaan yang tinggi (Rushayati & et al, 2011).

Kota Surakarta adalah salah satu kota di Indonesia yang telah mengalami fenomena UHI. Perkembangan Kota Surakarta terus meningkat dari waktu ke

waktu baik secara vertikal maupun horizontal. Pembangunan infrastruktur dan bangunan pun terus meningkat di kota tersebut dengan berbagai dinamika perubahan penggunaan lahan. Perkembangan wilayah perkotaan sudah menular ke daerah sekitarnya meliputi sebagian Kecamatan Grogol, Kartasura, Colomadu, Ngemplak dan Jaten. Perkembangan kota juga diikuti pertumbuhan jumlah penduduk tiap tahunnya (lihat Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Pertumbuhan Penduduk Kota Surakarta Tahun 2011 - 2016

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Pertambahan Jumlah Penduduk (jiwa)	Pertumbuhan (%)
2011	502.866	2.693	0,54
2012	505.413	2.547	0,51
2013	507.825	2.412	0,48
2014	510.077	2.252	0,44
2015	512.226	2.121	0,42
2016	514.171	1.945	0,38

Sumber : BPS – Kota Surakarta

Pembangunan dan perkembangan kota yang terjadi secara terus menerus juga berakibat pada tingginya alih fungsi lahan di Kota Surakarta. Sebagian besar alih fungsi lahan yang terjadi yaitu dari lahan non terbangun menjadi lahan terbangun, hal tersebut dapat dilihat dari data penggunaan lahan di Kota Surakarta dari Tahun 2011 ke 2016. Luas data penggunaan lahan terbangun seperti perumahan/permukiman, jasa, perusahaan, dan industri meningkat dari tahun ke tahun, sedangkan luas penggunaan lahan non terbangun menurun dari tahun ke tahun, kecuali penggunaan lahan Taman Kota yang meningkat dari tahun 2014 ke 2015 (lihat Tabel 1.2).

Tabel 1.2 Penggunaan Lahan di Kota Surakarta Tahun 2011 – 2016

Penggunaan Lahan	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Perumahan/ Pemukiman	2.841,36	2.873,51	2.874,93	2.876,38	2.878,34	2.882,14
Jasa	365,46	384,51	385,17	387,28	390,53	391,33
Perusahaan	245,04	245,40	245,69	245,69	246,15	246,57
Industri	97,72	97,95	97,95	97,95	98,11	98,11
Tanah Kosong	118,73	112,99	112,99	109,67	109,67	108,82
Tegalan	117,46	110,74	109,28	108,10	102,04	98,45
Sawah	101,95	99,46	96,96	95,97	95,97	95,39
Kuburan	68,76	68,83	68,83	68,83	68,83	68,83
Lap. Olahraga	62,25	60,05	60,05	60,05	60,05	60,05
Taman Kota	12,59	12,08	12,08	12,08	12,11	12,11
Lain-lain	372,74	338,54	340,13	342,06	342,26	342,26

Sumber : BPS – Kota Surakarta

Adanya indikasi peningkatan rata-rata temperatur Kota Surakarta dari tahun 2012 ke tahun 2016 dapat di lihat pada Tabel 1.3. Peningkatan suhunya cukup fluktuatif dari tahun ke tahun jika dilihat pada setiap bulannya. Berdasarkan data rata-rata temperature tersebut, pada bulan September, Oktober, November, dan Desember dari tahun 2012 meningkat terus sampai tahun 2015, sedangkan dari tahun 2015 ke 2016 terjadi penurunan, hal tersebut disebabkan karena kondisi cuaca yang dapat berubah-ubah pada setiap tahun, yang mana pada tahun 2016 di empat bulan tersebut mengalami musim hujan sehingga suhunya menjadi rendah dibanding tahun sebelumnya.

Tabel 1.3 Temperatur rata-rata Kota Surakarta Tahun 2012 - 2016

Bulan	Temperature (°C)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Januari	25,8	26,2	25,8	26,75	27,4
Februari	26,7	26,5	25,8	26,95	26,5
Maret	26,6	27	26,7	27	29,4
April	27,3	27,4	27,2	27,25	27,9
Mei	27,2	27,3	27,9	27,25	27,8
Juni	26,6	26,8	27,4	26,65	26,9
Juli	26	26,4	26,5	26,55	27,1
Agustus	26	26,4	26,7	26,95	27
September	27,3	27,5	27,2	27,7	27,5
Oktober	28,3	28,5	28,9	29,1	27,3
November	28,1	27,2	28,1	28,8	27,2
Desember	26,7	26,5	26,8	28,35	26,6

Sumber : BPS – Kota Surakarta

Berdasarkan data penggunaan tanah dan temperatur rata-rata menunjukkan bahwa saat ini Kota Surakarta tengah mengalami ancaman fenomena UHI sebagai akibat semakin meningkatkan kawasan terbangun, sehingga kajian mengenai UHI untuk Kota Surakarta sangat penting dilakukan.

Kajian mengenai UHI dapat dilakukan dengan menggunakan citra penginderaan jauh melalui beberapa tahapan pengolahan. Nilai UHI dapat turunkan dari nilai suhu permukaan lahan atau *Land Surface Temperature* (LST). Untuk mendapatkan nilai LST dapat diekstraksi dari pengolahan citra Landsat 8 dengan memanfaatkan *band* 10 dan *band* 11 serta *band* 4 dan *band* 5 menggunakan persamaan *Split Window Algorithm* (SWA). Hasil dari pengolahan tersebut yaitu persebaran UHI di daerah kajian, yang dapat memberikan informasi daerah yang mengalami fenomena UHI.

Kajian mengenai UHI dapat menunjukkan iklim mikro secara detail yang menjelaskan bagaimana tingginya variasi suhu permukaan lahan pada Kota Surakarta dan menunjukan sebaran spasial wilayah yang mengalami fenomena

UHI. LST dan UHI bersifat sangat dinamis akibat dari perubahan kondisi cuaca dan juga kerapatan vegetasi. Kerapatan vegetasi cenderung mengikuti dan dipengaruhi oleh kondisi cuaca, sehingga hal tersebut yang menyebabkan LST dan UHI berubah-ubah.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan di atas maka peneliti sangat tertarik untuk melakukan penelitian mengenai fenomena UHI yang terjadi di Kota Surakarta dengan judul penelitian, “**Analisis *Urban Heat Island* di Kota Surakarta Menggunakan Citra Penginderaan Jauh Tahun 2017**”.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana persebaran spasial *Land Surface Temperature*, *Urban Heat Island* dan Indeks Vegetasi di Kota Surakarta tahun 2017.
2. Bagaimana pengaruh Indeks Vegetasi terhadap variasi *Land Surface Temperature* dan *Urban Heat Island* di Kota Surakarta tahun 2017.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui dan menganalisis persebaran spasial *Land Surface Temperature*, *Urban Heat Island* dan Indeks Vegetasi di Kota Surakarta tahun 2017.
3. Menganalisis pengaruh Indeks Vegetasi terhadap variasi *Land Surface Temperature* dan *Urban Heat Island* di Kota Surakarta tahun 2017.

1.4 Kegunaan Penelitian

Adapun kegunaan dari penelitian ini yaitu :

1. Diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi *Urban Heat Island* di Kota Surakarta.
2. Diharapkan dapat memberikan informasi dan masukan dalam penanganan efek *Urban Heat Island* bagi pemerintah Kota Surakarta.

3. Diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi dan masukan bagi pengembangan kajian ilmiah yang berkaitan dengan *Urban Heat Island*.

1.5 Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya

1.5.1 Telaah Pustaka

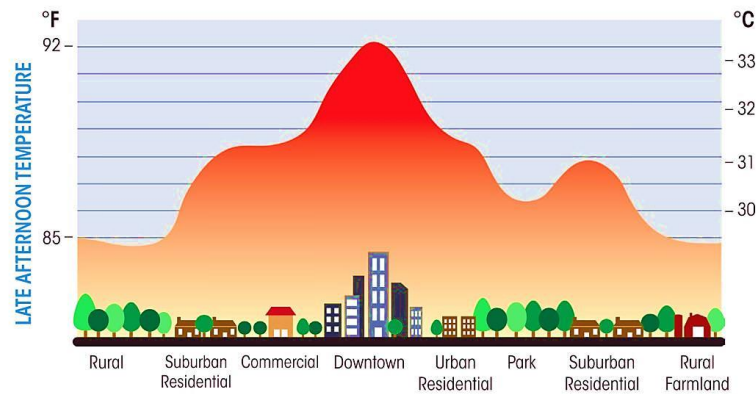
1.5.1.1 *Urban Heat Island*

Urban Heat Island (UHI) ialah suatu fenomena atau kejadian peningkatan suhu udara di wilayah perkotaan dibandingkan dengan daerah sekitarnya hingga mencapai 3-10 °C (Khomarudin, 2004). Fenomena ini terjadi karena perubahan penggunaan lahan dari vegetasi menjadi daerah beraspal, beton, lahan terbangun, dan lahan terbuka nonvegetasi. Permukaan kota yang terdiri dari aspal dan beton umumnya lebih panas pada siang hari dibandingkan dengan daerah yang bervegetasi. Permukaan buatan manusia ini sangat efisien untuk menyimpan energi surya, mengubahnya menjadi energi panas, dan melepaskannya pada malam hari, menciptakan suatu wilayah dengan udara yang panas di sekitar kota yang dikenal sebagai *heat island* (pulau bahang).

Faktor yang membedakan daerah urban dan non-urban yaitu pelepasan energi antropogenik dari sistem AC (Air conditioning), emisi energi dari kegiatan perindustrian, kendaraan bermotor, perbandingan banyaknya permukaan campuran dan perbedaan kapasitas panas dari material bangunan material dengan struktur alam. Besarnya skala spasial efek UHI meningkat di daerah urban di seluruh dunia dan mempunyai implikasi dalam transport polutan udara, membentuk kondisi bioklimat, pemanasan dan pendinginan (Tursilowati, 2015).

Beberapa faktor yang dapat memicu terjadinya UHI pada daerah perkotaan diantaranya berupa derajat panas bahan bangunan tinggi dan jarak antar bangunan serta tingkat polusi udara. Pada siang hari faktor-faktor ini dapat menyebabkan lebih besar energi matahari yang ditangkap, diserap, disimpan pada permukaan kota dibandingkan dengan permukaan desa. Sedangkan pada malam hari energi yang dilepaskan lebih sedikit, sehingga menghasilkan suhu udara yang lebih tinggi diperkotaan. Daerah pusat kota yang memiliki kepadatan bangunan serta

gedung-gedung yang tinggi akan mengalami fenomena UHI yang lebih parah dibanding daerah pingir kota, semakin menjauh dari pusat kota maka nilai UHInya akan semakin menurun (lihat Gambar 1.2).



Gambar 1.2 Profile Pulau Panas (UHI)

Sumber : <http://simastrack.com>

Fenomena UHI menciptakan lingkungan yang tidak nyaman bagi masyarakat, sehingga harus menjadi perhatian bagi perencana kota untuk memahami pola pengembangan lahan dan wilayah agar efek dari UHI dapat dikurangi. Salah satu cara untuk mengurangi efek UHI yaitu dengan memperbanyak area ruang terbuka hijau di perkotaan, dan memprioritaskan pengembangan kawasan terbuka hijau pada daerah yang memiliki UHI dan suhu permukaan yang tinggi (Rushayati & et al, 2011).

UHI juga berdampak pada kualitas udara dan air yang lebih buruk dari pada daerah perdesaan. Kota yang mengalami UHI memiliki kualitas udara yang lebih rendah karena ada banyak polutan (produk limbah dari kendaraan, industri, dan manusia) yang dipompa ke udara.

Sebaran spasial UHI dapat diekstraksi dari citra penginderaan jauh melalui pengolahan citra digital. Pengolahan citra untuk mendapatkan UHI diawali dengan ekstraksi nilai LST, yang kemudian dari nilai LST dapat diturunkan menjadi nilai UHI. Nilai UHI dapat dihitung dengan mengurangi nilai LST dengan nilai rerata LST ditambah dengan setengah dari nilai standar deviasi LST. Nilai rerata LST dan nilai standar deviasi LST dapat dilihat pada histogram hasil pengolahan LST.

Tinggi rendahnya nilai UHI dipengaruhi oleh nilai LSTnya, semakin tinggi nilai LST pada suatu wilayah maka semakin tinggi pula nilai UHInya. Hal yang mempengaruhi tinggi rendahnya LST diperkotaan yaitu tingkat kerapatan vegetasinya, sehingga secara tidak langsung kerapatan vegetasi mempengaruhi tinggi rendahnya nilai UHI. Hubungan kerapatan vegetasi dengan UHI yaitu berbanding terbalik, dimana semakin tinggi kerapatan vegetasi maka nilai UHInya akan semakin rendah.

1.5.1.2 Suhu Permukaan Lahan (LST)

LST dapat diartikan sebagai suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda (Faridah & Krisbiantoro, 2014). Suhu permukaan lahan merupakan faktor penting dalam perubahan iklim global, pertumbuhan vegetasi, dan gletser. Suhu permukaan dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi, semakin tinggi kerapatan vegetasi maka suhu permukaannya akan semakin rendah.

Selama ini perolehan data suhu dilakukan dengan menggunakan termometer yang dipasang di dalam sangkar cuaca untuk mendapatkan suhu udara permukaan, sehingga untuk mendapatkan data suhu harus diminta ke BMKG. Pengumpulan data suhu dari beberapa stasiun cuaca mengurangi ketelitian data, karena jumlah stasiun pengukuran cuaca yang sangat sedikit jumlahnya tidak mempresentasikan suhu udara secara detil untuk sebuah kawasan. Sehingga pengumpulan data suhu permukaan lahan akan jauh lebih mudah jika menggunakan data satelit penginderaan jauh, di antara kelebihanannya adalah ruang lingkup yang diamati cukup luas dan keefektifan waktu.

Informasi suhu permukaan lahan dapat diturunkan dari Landsat 8 menggunakan dua saluran yaitu *band* 10 dan *band* 11. Kedua saluran tersebut terlebih dahulu perlu dikonversi dari nilai DN (*Digital Number*) menjadi nilai ToA (*Top of Atmosphere Radiance*). Setelah keduanya dikonversi menjadi nilai ToA *Radiance*, kemudian masing-masing diubah menjadi nilai *brightness temperature* (suhu kecerahan) dalam Kelvin. (USGS, 2013).

Pengolahan suhu permukaan tersebut dapat menggunakan algoritma matematika terstruktur yaitu *Split Window Algorithm* (SWA). Algoritma tersebut menggunakan nilai *brightness temperature* dari dua *band* pada sensor TIRS citra Landsat 8, nilai rata-rata dan nilai selisih LSE (*land surface emissivity*) untuk memperkirakan LST pada daerah kajian. Algoritma *Split Window Algorithm* (SWA) dicetuskan oleh Sobrino pada tahun 1996 dan tahun 2008 (Rajeshwari & Mani, 2014).

Metode pengolahan suhu permukaan dengan algoritma matematika *Split Window Algorithm* (SWA) dianggap paling relevan, karena menggunakan 2 *band* sekaligus dari citra landsat 8 yaitu *band* 10 dan 11. Tinggi rendahnya nilai LST pada perhitungan metode SWA dipengaruhi oleh nilai *brightness temperature* dari *band* 10 dan 11, serta nilai NDVI. Daerah kajian yang memiliki nilai *brightness temperature* yang tinggi akan memiliki nilai LST yang tinggi pula, sedangkan pengaruh nilai NDVI terhadap LST yaitu pada perhitungan nilai LSE *band* 10 dan 11, semakin tinggi nilai NDVI daerah kajian maka nilai LSTnya akan semakin rendah.

Daerah perkotaan cenderung memiliki tutupan vegetasi yang rendah dibandingkan daerah pinggiran kota, dan memiliki kerapatan bangunan yang tinggi dibandingkan daerah sekitarnya. Kondisi tersebut menyebabkan tingginya nilai LST di daerah perkotaan, karena semakin rendah kerapatan vegetasi maka nilai LSTnya akan semakin tinggi.

1.5.1.3 Indeks Vegetasi

Indeks Vegetasi adalah suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi atau aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan vegetasi (Danoedoro, 2012). Indeks vegetasi merupakan nilai yang diperoleh dari gabungan beberapa spektral band spesifik dari citra penginderaan jauh. Gelombang indeks vegetasi diperoleh dari energi yang dipancarkan oleh vegetasi pada citra penginderaan jauh untuk menunjukkan ukuran kehidupan dan jumlah dari suatu tanaman. Tanaman memancarkan dan menyerap gelombang yang unik sehingga keadaan ini dapat di

hubungkan dengan pancaran gelombang dari objek-objek yang lain sehingga dapat di bedakan antara vegetasi dan objek selain vegetasi. Respons spektral vegetasi pada saluran hijau dan merah, atau antara saluran merah dan inframerah dekat berbeda-beda. Pada saluran hijau, peningkatan kerapatan vegetasi akan menyebabkan nilai spektral vegetasi tersebut naik. Kondisi yang sama justru akan memberikan pantulan yang semakin rendah pada saluran merah.

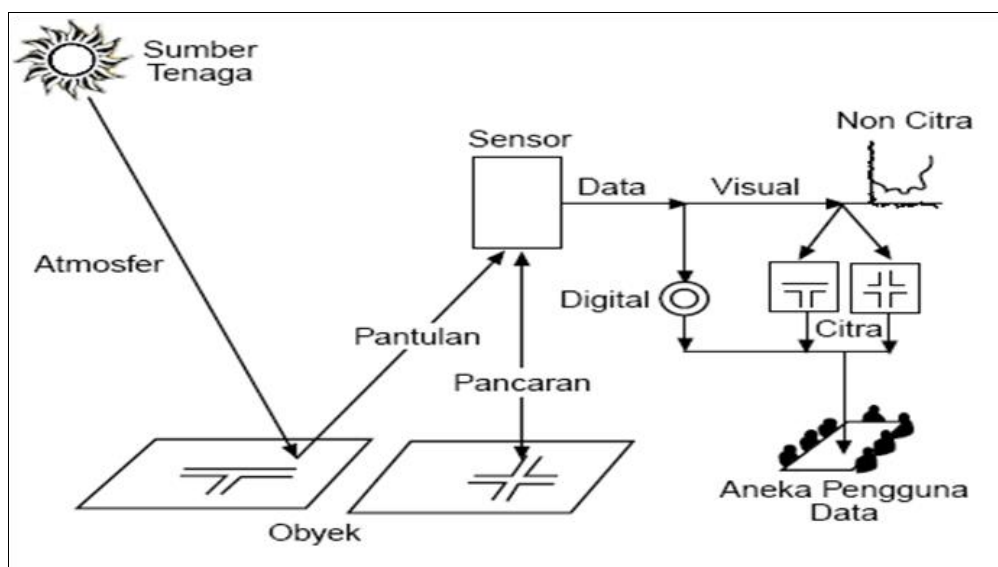
Ada beberapa macam transformasi indeks vegetasi yang sering dimanfaatkan untuk aplikasi-aplikasi tertentu, tapi yang sering digunakan yaitu *Normalized Difference Vegetation Indeks* (NDVI). NDVI memiliki nilai yang merepresentasikan tingkat kehijauan vegetasi, nilainya berkisar antara -1 hingga +1. Semakin besar dari 0.1, menandakan peningkatan derajat kehijauan dan intensitas dari vegetasi. Sedangkan nilai yang terletak 0 dan 0.1 umumnya merupakan karakteristik dari bebatuan dan lahan kosong.

Informasi kerapatan vegetasi berguna untuk berbagai kebutuhan, seperti misalnya estimasi ketersediaan biomassa untuk kayu bakar, tahap-tahap suksesi, kerentanan terhadap erosi, kerusakan hutan, dan sebagainya. Nilai indeks vegetasi juga dapat mencerminkan tingkat ketersediaan vegetasi untuk daerah perkotaan. Ketersediaan vegetasi atau ruang terbuka hijau di perkotaan memegang peranan yang sangat penting yang berfungsi sebagai pengendali iklim mikro yang dalam hal ini suhu permukaan. Semakin tinggi ketersediaan vegetasinya maka suhu permukaan perkotaannya akan semakin rendah, sedangkan semakin rendah ketersediaan vegetasi maka suhu permukaannya akan semakin tinggi pula. Hal ini sangat berkaitan dengan terbentuknya fenomena UHI di perkotaan, dimana semakin rendah ketersediaan vegetasinya maka potensi terjadinya UHI di perkotaan tersebut akan semakin besar pula.

1.5.1.4 Penginderaan Jauh

Menurut Lillesand & Kiefer (1976) dalam (Sutanto, 1986) mengatakan bahwa penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap objek, daerah, atau gejala yang

dikaji. Penginderaan jauh dilakukan dari jarak yang jauh sehingga ia disebut penginderaan jauh. Data yang diperoleh kemudian diolah, dianalisis dan diinterpretasi. Oleh karena itu konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen yang meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan objek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data dan berbagai penggunaan data. Hasil perekaman dari wahana penginderaan jauh ada dua macam, yaitu foto udara dan citra. Foto udara dan citra sebenarnya sama hanya wahana yang dipakai untuk perekaman yang berbeda, foto udara umumnya menggunakan pesawat terbang sedang citra dengan satelit (lihat Gambar 1.3).



Gambar 1.3 Sistem Penginderaan Jauh

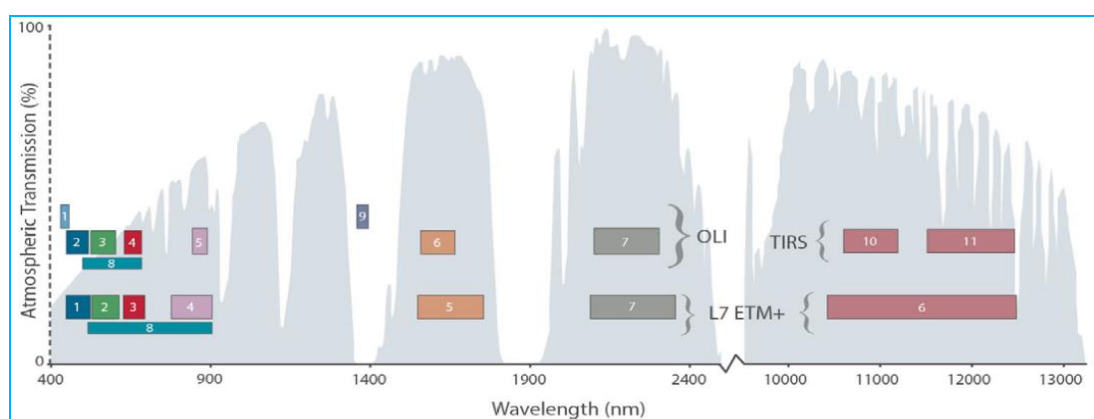
Sumber : (Sutanto, 1986)

Citra dapat diperoleh melalui perekaman fotografis, yaitu pemotretan dengan kamera, dan dapat pula diperoleh melalui perekaman non-fotografis, misalnya dengan pemindai atau penyiam (*scanner*). Perekaman fotografis menghasilkan foto udara sedangkan perekaman lain menghasilkan citra non-foto. Citra foto udara selalu berupa *hardcopy* (gambar tercetak) yang diproduksi dan direproduksi dari master rekaman yang berupa film. Citra non-foto biasanya terekam secara digital dalam format asli, dan memerlukan komputer untuk presentasinya. Citra non-foto juga dapat dicetak dalam *hardcopy*, untuk keperluan interpretasi secara visual.

Citra hasil perekaman penginderaan jauh dapat diolah secara digital dengan berbagai pemanfaatan, seperti monitoring vegetasi, pemetaan suhu, maupun analisis mengenai *Urban Heat Island* (UHI). Citra yang dapat digunakan untuk analisis UHI yaitu khusus citra yang memiliki saluran termal, yang dapat merekam kondisi panas permukaan. Salah satu citra yang dapat digunakan untuk analisis UHI yaitu citra Landsat 8.

1.5.1.5 Citra Landsat 8

Citra Landsat adalah hasil perekaman satelit Landsat (*Land Satellite*). Landsat merupakan satelit sumber daya bumi asal Amerika Serikat yang dikelola bersama oleh NASA dan USGS. Landsat diluncurkan pertama kali pada tahun 1972 dengan nama ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite-1*). Proyek eksperimental tersebut sukses lalu dilanjutkan dengan peluncuran yang kedua. Landsat mengalami perkembangan yang pesat sampai pada tahun 1991 sudah mencapai satelit Landsat-5 yang diluncurkan ke antariksa. Selama kurun waktu tersebut dengan kecanggihan teknologi terjadi perubahan desain sensor pada Landsat. Generasi terbaru dari satelit landsat yaitu Landsat 8 yang di luncurkan tanggal 11 Februari 2013 (USGS, 2013), yang memiliki spesifikasi sensor yang berbeda dengan generasi sebelumnya yaitu Landsat & ETM+ (lihat Gambar 1.4).



Gambar 1.4 Perbandingan Sensor pada Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8

Sumber: (USGS, 2013)

Landsat 8 memiliki kemampuan untuk merekam citra dengan resolusi spasial yang bervariasi. Variasi resolusi spasial mulai dari 15 meter sampai 100 meter

serta dilengkapi 11 saluran (*band*) yang masing-masing saluran (*band*) memiliki resolusi spasial, panjang gelombang (spektral), dan pemanfaatan yang berbeda-beda (lihat Tabel 1.4 dan 1.5).

Tabel 1.4 Spesifikasi Saluran-saluran pada Landsat 8

Saluran	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
Saluran 1 (Pesisir atau Aerosol)	0,43 – 0,45	30
Saluran 2 (Biru)	0,45 – 0,51	30
Saluran 3 (Hijau)	0,53 – 0,59	30
Saluran 4 (Merah)	0,64 – 0,67	30
Saluran 5 (Inframerah Dekat)	0,85 – 0,88	30
Saluran 6 (Inframerah Tengah 1)	1,57 – 1,65	30
Saluran 7 (Inframerah Tengah 2)	2,11 – 2,29	30
Saluran 8 (Pankromatik)	0,50 – 0,68	15
Saluran 9 (<i>Cirrus</i> / Awan)	1,36 – 1,38	30
Saluran 10 (Inframerah Termal 1)	10,60 -11,19	100
Saluran 11 (Inframerah Termal 2)	11,50 – 12,51	100

Sumber: (USGS, 2013)

Landsat 8 dilengkapi dua instrumen sensor yaitu OLI dan TIRS. Landsat 8 mampu mengumpulkan 400 *scenes* citra atau 150 kali lebih banyak dari Landsat 7 dalam satu hari perekamannya. Sensor utama dari Landsat 8 adalah *Operational Land Imager* (OLI) yang memiliki fungsi untuk mengumpulkan data di permukaan bumi dengan spesifikasi resolusi spasial dan spektral yang berkesinambungan dengan data Landsat sebelumnya. OLI didesain dalam sistem perekaman sensor *push-broom* dengan empat teleskop cermin, performa *signal-to-noise* yang lebih baik, dan penyimpanan dalam format kuantifikasi 12-bit. OLI merekam citra pada spektrum panjang gelombang tampak, inframerah dekat, dan inframerah tengah yang memiliki resolusi spasial 30 meter, serta saluran pankromatik yang memiliki resolusi spasial 15 meter. Dua saluran spektral baru ditambahkan dalam sensor OLI ini, yaitu saluran *deep-blue* untuk kajian perairan

laut dan aerosol serta sebuah saluran untuk mendeteksi awan cirrus. Saluran *quality assurance* juga ditambahkan untuk mengindikasikan keberadaan bayangan medan, awan, dan lain-lain. (USGS, 2013).

Tabel 1.5 Pemanfaatan Saluran-saluran pada Landsat 8

Saluran	Pemanfaatan
Saluran 1 (Pesisir atau Aerosol)	Observasi zona pesisir dan aerosol
Saluran 2 (Biru)	Pemetaan batimetri, membedakan antara tanah dan vegetasi, atau pohon semusim dan berdaun jarum
Saluran 3 (Hijau)	Analisis pantulan puncak vegetasi yang bermanfaat untuk menilai kekuatan tumbuhan
Saluran 4 (Merah)	Analisis perubahan vegetasi
Saluran 5 (Inframerah Dekat)	Analisis kandungan biomassa dan garis pantai
Saluran 6 (Inframerah Tengah 1)	Analisis kelembaban tanah dan vegetasi serta mampu menembus awan tipis
Saluran 7 (Inframerah Tengah 2)	Analisis kelembaban tanah dan vegetasi dengan lebih baik serta mampu menembus awan tipis
Saluran 8 (Pankromatik)	Menghasilkan citra multispektral yang lebih tajam
Saluran 9 (<i>Cirrus</i> / Awan)	Mendeteksi awan <i>cirrus</i> dan kontaminasinya
Saluran 10 (Inframerah Termal 1)	Pemetaan suhu, pemantauan titik api, estimasi kelembaban tanah, dan kajian malam hari
Saluran 11 (Inframerah Termal 2)	Pemetaan suhu, pemantauan titik api, estimasi kelembaban tanah, dan kajian malam hari

Sumber: (USGS, 2013)

Thermal Infrared Sensor (TIRS) merupakan sensor kedua yang tersemat dalam Landsat 8. TIRS berfungsi untuk mengindera suhu dan aplikasi lainnya, seperti pemodelan evapotranspirasi untuk memantau penggunaan air pada lahan teririgasi. TIRS merekam citra pada dua saluran inframerah termal yaitu saluran 10 dan 11. Resolusi spasial yang dimiliki TIRS adalah 100 meter dan teregistrasi dengan sensor OLI sehingga menghasilkan citra yang terkalibrasi secara radiometrik dan geometrik serta terkoreksi medan dengan Level koreksi 1T dan disimpan dalam sistem 16-bit (USGS, 2013) (lihat Tabel 1.6).

Tabel 1.6 Parameter Pemrosesan Produk Data Standar Citra Landsat 8

Parameter	Keterangan
Jenis Produk	Level 1T (terkoreksi medan)
Jenis Data	16-bit <i>unsigned integer</i>
Format Data	GeoTIFF
Ukuran Piksel	15 m / 30 m / 100 m (pankromatik, multispektral, termal)
Sistem Proyeksi	UTM (<i>Polar Stereographic</i> untuk Antartika)
Datum	WGS 1984
Orientasi	<i>North-up</i> (utara-atas peta)
<i>Resampling</i>	<i>Cubic Convolution</i>
Akurasi	OLI: 12 m <i>circular error, 90% confidence</i> TIRS: 41 m <i>circular error, 90% confidence</i>

Sumber: (USGS, 2013)

1.5.1.6 Sistem Informasi Geografis

Menurut Arronof (1989) dalam (Danoedoro, 1996) mengatakan bahwa SIG (Sistem Informasi Geografi) adalah sistem informasi yang mendasarkan pada kerja dasar komputer yang mampu memasukkan, mengelola (memberi dan mengambil kembali), manipulasi, analisis data serta keluaran. Penanganan data geografi menjadi lebih mudah dan efisien dengan menggunakan SIG, hal ini disebabkan kemampuan sistem untuk kompilasi, penyimpanan, pembaruan dan perubahan, manipulasi, analisis dan kombinasi, penyajian. Hasil pengolahan data melalui analisis dan manipulasi akan dihasilkan suatu informasi baru sesuai tujuan analisis dan manipulasi yang dilakukan.

SIG adalah sistem informasi yang berfungsi untuk mengelola data yang berupa informasi keruangan (spasial). Data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti lokasi, kondisi, tren, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya.

Komponen SIG terdiri dari perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), data dan metadata, serta pengguna. Jenis-jenis data yang digunakan

dalam SIG adalah data input, data manajemen, data analisis dan manipulasi, dan data output. Syarat suatu data dapat dikatakan data SIG yaitu memiliki data atribut dan data grafis. Data atribut adalah data yang memberikan karakteristik kenampakan geografis, sedangkan data grafis data yang menggambarkan kenampakan geografis.

Data spasial dapat dibedakan menjadi 2 bentuk yaitu :

1. Data raster

Data berbentuk ruang segi empat dengan elemen utamanya adalah sel. Kenampakan geografis direpresentasikan dalam pixel yang mempunyai baris, kolom dan nilai atribut setiap pixel, serta mempunyai koordinat (x,y). Data raster digunakan untuk menggambarkan *gradient*. Data tersebut umumnya berasal dari citra satelit atau foto udara.

2. Data vektor

Data vektor dalam bentuk garis, area (poligon), dan titik. Data vektor diperoleh dari hasil digitasi citra, peta dan sebagainya. Kenampakan geografis terdiri dari sejumlah koordinat x dan y serta mempunyai atribut.

Sistem informasi geografis memberikan manfaat yang besar bagi banyak bidang di dunia. Selain dapat menampilkan data yang bersifat spasial seperti koordinat juga dapat menampilkan data tabular seperti tabel. Data penginderaan jauh merupakan salah satu data yang sering dijadikan sebagai input dalam SIG. Dewasa ini, SIG semakin banyak digunakan sebagai salah satu metode dalam pemetaan. Bidang yang menggunakannya pun tidak hanya dalam urusan tata ruang ataupun pembangunan, tetapi mulai berkembang di banyak bidang seperti kehutanan, pertanian, kesehatan, dan lain-lain. Penelitian-penelitian yang menggunakan data penginderaan jauh pada pengolahannya selalu menggunakan SIG, karena SIG dan penginderaan jauh menjadi suatu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Salah satu contoh penelitian yang menggunakan SIG dan penginderaan jauh sekaligus yaitu penelitian tentang *Urban Heat Island*, dimana data yang digunakan yaitu berupa citra penginderaan jauh, sedangkan pengolahannya menggunakan SIG.

1.5.1.7 Software ArcGIS

ArcGIS merupakan sebuah paket *software* sistem informasi geografis yang dikeluarkan oleh ESRI. ArcGIS dipasarkan dengan tiga level lisensi yang berbeda yaitu *Basic*, *Standart*, dan *Advanced*. Perbedaan ketiga lisensi tersebut pada harga dan fitur-fitur yang disediakan. Lisensi *Basic* mempunyai kemampuan untuk membuat peta beserta atributnya. Lisensi *Basic* memungkinkan kita untuk melakukan *query* data, analisis relasi spasial (jarak, interseksi, dan sebagainya) serta melakukan overlay terhadap layer-layer peta sehingga dapat melihat hubungan antara data-data yang berada pada layer-layer yang berbeda. Lisensi *Standart* mempunyai semua kemampuan lisensi *basic* dengan penambahan beberapa *tools* untuk membuat dan memperbaiki data. Fitur lain lisensi *standart* yaitu *versioning* yang memungkinkan beberapa pengguna untuk memperbaiki data secara bersamaan, serta memutar hubungan pengeditan, sehingga data dapat diperbaiki dilapangan dan kemudian dihubungkan dengan server lagi. Lisensi *Advanced* merupakan lisensi yang termahal dari ketiga lisensi ArcGIS yang disediakan oleh ESRI. Lisensi *Advanced* mempunyai seluruh *tools* dari lisensi *standart* dan ditambah dengan *tools* analisis spasial.

ArcGIS mempunyai dua *software* utama yaitu ArcMap dan ArcCatalog. Kedua *software* ini memiliki fungsi dan kegunaan yang berbeda. ArcMap difungsikan dan digunakan dalam pembuatan peta, analisis spasial dan perbaikan data-data spasial. Sedangkan ArcCatalog difungsikan dan digunakan untuk mendesain basis data dan pengolahan data.

1.5.2 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian tentang *Urban Heat Island* (UHI) pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian sebelumnya digunakan sebagai referensi dan pembanding untuk penelitian yang saat ini dilakukan. Adapun hasil dari beberapa penelitian sebelumnya secara garis besar sebagai berikut:

- 1) Retnadi Heru Jatmiko (2015) menghasilkan penelitian berupa analisis suhu permukaan lahan, analisis NDVI, analisis penggunaan lahan, analisis indeks perkotaan, dan analisis UHI di Yogyakarta.

- 2) Ilham Guntara (2016) menghasilkan penelitian berupa analisis suhu permukaan, analisis UHI, dan rekomendasi pengendalian pemanasan global di Kota Yogyakarta.
- 3) Lina Hardyanti (2017) menghasilkan penelitian berupa analisis variasi suhu permukaan daratan, dan hubungan suhu permukaan dengan NDVI dan NDBI di Kota Jakarta.

Persamaan dengan penelitian sebelumnya yaitu penggunaan citra penginderaan jauh untuk mengekstraksi LST, sedangkan yang menjadi pembeda dengan penelitian sebelumnya yaitu penyajian UHI dalam bentuk data spasial serta analisis yang dilakukan. Ada beberapa perbandingan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan (lihat Tabel 1.7).

Tabel 1.7 Ringkasan Penelitian Sebelumnya

Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Retnadi Heru Jatmiko (2015)	Penggunaan Citra Saluran Inframerah Termal untuk Studi Perubahan Liputan Lahan dan Suhu sebagai Indikator Perubahan Iklim Perkotaan di DIY	Mengkaji pengaruh perubahan penutup lahan terhadap variasi perubahan LST di Yogyakarta, Menentukan indikator dari dinamika LST di perkotaan DIY	Ekstraksi suhu permukaan lahan, Klasifikasi <i>supervised</i> penggunaan lahan, Transformasi ndeks perkotaan, Transformasi UHI	Analisis suhu permukaan lahan, Analisis NDVI, Analisis penggunaan lahan, Analisis indeks perkotaan, Analisis UHI
Ilham Guntara (2016)	Analisis <i>Urban Heat Island</i> untuk Pengendalian Pemanasan Global di Kota Yogyakarta Menggunakan Citra Penginderaan Jauh	Memetakan persebaran spasial LST dan UHI, Menganalisis pengendalian pemanasan global berdasarkan UHI di Kota Yogyakarta	Ekstraksi LST dari citra penginderaan jauh dengan algoritma SWA, Penyusunan UHI, Analisis UHI terhadap pemanasan global	Peta LST dan UHI <i>spatio-temporal</i> , Analisis UHI untuk pengendalian dan mitigasi pemanasan global di Kota Yogyakarta
Lina Hardyanti (2017)	Variasi Spasial Temporal Suhu Permukaan Daratan di Kota Jakarta Tahun 2015 dan 2016	Memetakan persebaran spasial suhu permukaan daratan, kehijauan vegetasi, dan kerapatan bangunan	Ekstraksi suhu permukaan menggunakan mono window algorithm, Transformasi NDVI dan NDBI,	Peta suhu permukaan <i>spatio-temporal</i> , Peta kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan, Analisis hubungan suhu permukaan dengan

		Menganalisis hubungan suhu permukaan dengan kehijauan vegetasi dan kerapatan bangunan	Analisis hubungan suhu permukaan dengan NDVI dan NDBI	NDVI dan NDBI di Kota Jakarta
Pajri Yunus (2018) [Sedang Berlangsung]	Analisis <i>Urban Heat Island</i> di Kota Surakarta Menggunakan Citra Penginderaan Jauh Tahun 2017	Memetakan dan menganalisis persebaran spasial LST, UHI dan kerapatan Menganalisis pengaruh Indeks Vegetasi terhadap variasi LST dan UHI di Kota Surakarta	Ekstraksi LST dengan algoritma SWA, Penyusunan UHI, Transformasi NDVI, Analisis pengaruh Indeks Vegetasi terhadap variasi LST dan UHI menggunakan regresi linier sederhana	Peta LST, UHI, dan kerapatan vegetasi, Analisis pengaruh Indeks Vegetasi terhadap variasi LST dan UHI di Kota Surakarta

Sumber: (Pengolahan Data, 2018)

1.6 Kerangka Penelitian

Peningkatan jumlah penduduk merupakan penyebab utama perkembangan kota. Kota yang mengalami perkembangan akan masif terjadi alih fungsi lahan dari lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Kondisi tersebut akan mengakibatkan meningkatnya suhu permukaan pada daerah perkotaan dibandingkan daerah pedesaan. Perbedaan suhu permukaan antara kota dengan desa tersebut dikenal dengan istilah *Urban Heat Island* (UHI), yang mana fenomena UHI ini akan menimbulkan ketidaknyamanan bagi masyarakat sehingga penting untuk dikaji.

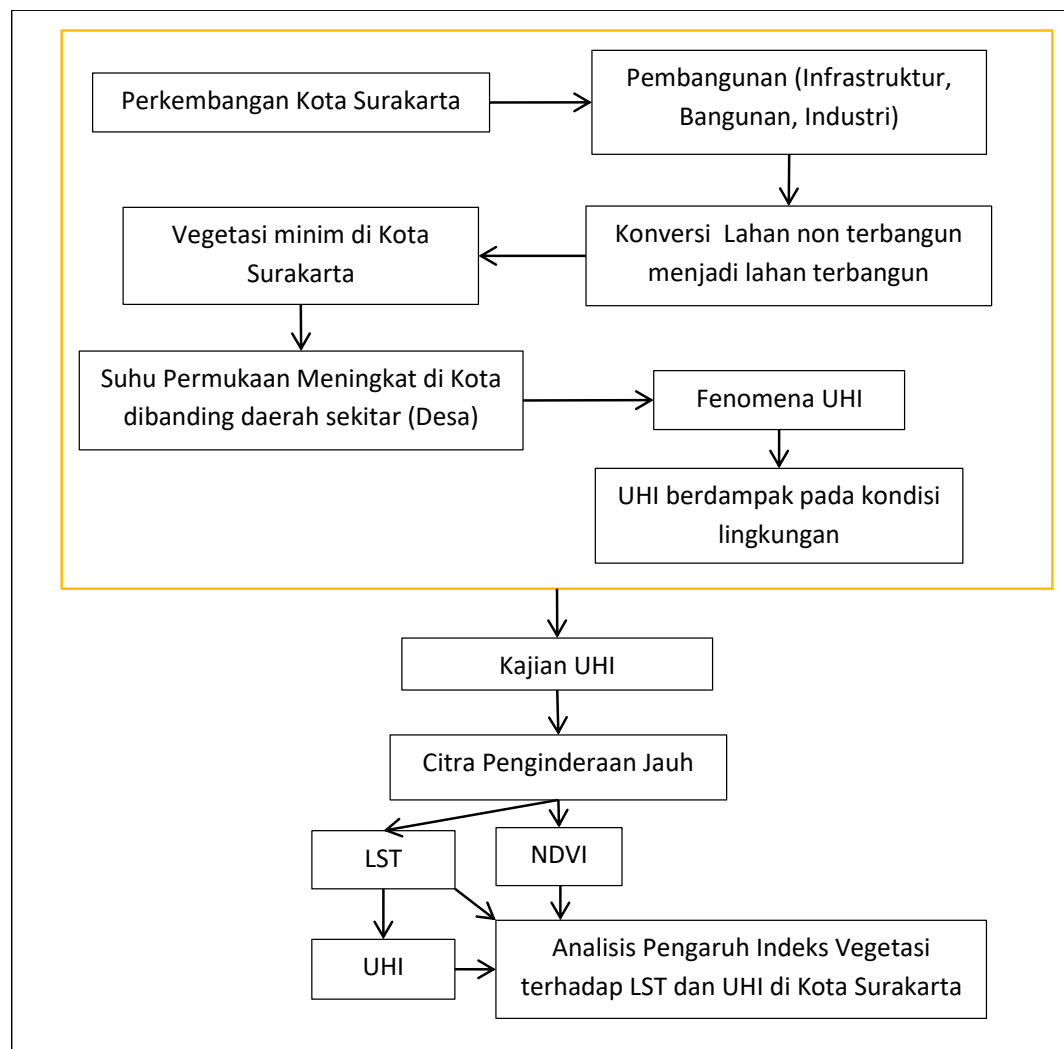
Fenomena UHI terjadi karena perubahan penggunaan lahan dari vegetasi menjadi daerah beraspal, beton, lahan terbangun, dan lahan terbuka nonvegetasi. Permukaan kota yang terdiri dari aspal dan beton umumnya lebih panas pada siang hari dibandingkan dengan daerah yang bervegetasi. Beberapa faktor yang dapat memicu terjadinya UHI pada daerah perkotaan diantaranya berupa derajat panas bahan bangunan tinggi dan jarak antar bangunan serta tingkat polusi udara.

Penelitian mengenai UHI dilakukan dengan menggunakan citra penginderaan jauh khususnya yang memiliki saluran inframerah termal. Sebaran spasial UHI dapat disusun berdasarkan perbedaan nilai LST antara daerah perkotaan dan daerah pedesaan. Ekstraksi LST dilakukan dengan menggunakan metode *Split Window Algorithm* (SWA), karena metode ini dianggap paling relevan dan akurat yang dalam pengolahannya menggabungkan *band* 10 dan 11 dari citra Landsat 8.

Penelitian ini mengkaji mengenai fenomena UHI pada dua waktu yang berbeda di tahun yang sama, dengan tujuan untuk mengkaji UHI secara multitemporal. LST dan UHI bersifat sangat dinamis yang dipengaruhi oleh perubahan cuaca dan kondisi kerapatan vegetasi, sehingga pada penelitian ini juga dilakukan analisis pengaruh indeks vegetasi terhadap variasi LST dan UHI.

Peta LST dan UHI menunjukkan persebaran spasial nilai LST dan UHI untuk wilayah kajian. Selain itu juga akan dihasilkan peta kerapatan vegetasi. Nilai LST dan UHI dengan nilai kerapatan vegetasi akan dilakukan analisis regresi sederhana untuk menentukan bagaimana pengaruh indeks vegetasi terhadap LST

dan UHI. Berdasarkan hasil analisis tersebut akan diketahui seberapa besar pengaruh indeks vegetasi terhadap variasi LST dan UHI di Kota Surakarta.



Gambar 1.5 Kerangka Penelitian
Sumber: (Pengolaahn Data, 2018)

1.7 Batasan Operasional

UHI ialah suatu fenomena atau kejadian peningkatan suhu udara di wilayah perkotaan dibandingkan dengan daerah sekitarnya hingga mencapai 3-10 °C (Khomarudin, 2004).

LST dapat diartikan sebagai suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda (Faridah & Krisbiantoro, 2014).

Split Window Algorithm (SWA) adalah formula matematika dinamis yang mampu menyajikan informasi suhu permukaan lahan melalui nilai brightness temperature yang dihitung dari band 10 dan band 11 pada sensor TIRS citra Landsat 8 serta nilai LSE (land surface emissivity) yang dihitung dari band 4 dan band 5 pada sensor OLI citra Landsat 8. (Latif, 2014).

Kerapatan Vegetasi adalah kondisi tingkat kehijauan dari vegetasi yang dapat dilihat dari tutupan kanopi yang menutupi permukaan tanah.

Indeks Vegetasi adalah suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi atau aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan vegetasi (Danoedoro, 2012).

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) adalah salah satu transformasi indeks vegetasi yang dapat merepresentasikan tingkat kehijauan vegetasi.